

DERWENT-ACC-NO: 1987-098488

DERWENT-WEEK: 198714

COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: High-silicon graphite cast steel - contg. carbon,
silicon, manganese, phosphorus, sulphur, nickel and iron

PATENT-ASSIGNEE: TOYOTA JIDOSHA KK[TOYT]

PRIORITY-DATA: 1985JP-0187702 (August 27, 1985)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 62047456 A	March 2, 1987	N/A	006	N/A
JP 93058051 B	August 25, 1993	N/A	006	C22C 033/04

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 62047456A	N/A	1985JP-0187702	August 27, 1985
JP 93058051B	N/A	1985JP-0187702	August 27, 1985
JP 93058051B	Based on	JP 62047456	N/A

INT-CL (IPC): C21D006/00, C22C033/04 , C22C033/10 , C22C038/08

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 62047456A

BASIC-ABSTRACT:

Cast steel comprises (in wt.%) 0.4-0.8 C, 1.5-3.0 Si, 2.5 or less Mn, 0.04 or less P, 0.01 or less S, 0.5-3.0 Ni, and Fe, has matrix of mixt. of two phases of fine ferrite and pearlite and is made by adding Mg to the steel melt to give residual Mg content of 0.01-0.03%, at 1500-1600 deg.C, inoculating with 0.1-0.5% of Fe-Si system alloy, casting, holding at 700-850 deg.C for about 2 hrs., cooling at over 10 deg.C/min. but to produce no martensite.

USE - The cast steel is used for crank-shafts, or conrods of engines.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/7

TITLE-TERMS: HIGH SILICON GRAPHITE CAST STEEL CONTAIN CARBON SILICON
MANGANESE
PHOSPHORUS SULPHUR NICKEL IRON

DERWENT-CLASS: M24

CPI-CODES: M27-A03; M27-A03M; M27-A03N; M27-A03S;

UNLINKED-DERWENT-REGISTRY-NUMBERS: 1666U; 1669U ; 1725U ; 1734U

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1987-041089

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-47456

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)3月2日

C 22 C 38/08
33/107147-4K
8417-4K

審査請求 未請求 発明の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 高シリコン黒鉛鋳鋼及びその製造方法

⑯ 特 願 昭60-187702

⑰ 出 願 昭60(1985)8月27日

⑱ 発 明 者	田 村	茂 樹	豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動車株式会社内
⑱ 発 明 者	森 田	章 義	豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動車株式会社内
⑱ 発 明 者	早 坂	民 雄	豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動車株式会社内
⑱ 発 明 者	佐 藤	三 由	豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動車株式会社内
⑰ 出 願 人	トヨタ自動車株式会社		豊田市トヨタ町1番地	

明 細 書

1. 発明の名称

高シリコン黒鉛鋳鋼及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 重量割合で、

C : 0.4 ~ 0.8 %,

Si : 1.5 ~ 3.0 %,

Mn : 2.5 % 以下、

P : 0.04 % 以下、

S : 0.01 % 以下、

Ni : 0.5 ~ 3.0 %,

残部 Fe から成り、基地は微細なフェライトとパーライトとの二相混合であることを特徴とする高シリコン黒鉛鋳鋼。

(2) 重量割合で、

C : 0.4 ~ 0.8 %,

Si : 1.5 ~ 3.0 %,

Mn : 2.5 % 以下、

P : 0.04 % 以下、

S : 0.01 % 以下、

Ni : 0.5 ~ 3.0 %,

残部 Fe から成る溶鋼に残留マグネシウム量が 0.01 ~ 0.03 % 程度になるように 1500 ~ 1600 °C でマグネシウムを添加処理した後、鉄・珪素系の合金接種剤を 0.1 ~ 0.5 % 接種して鋳造し、その後 700 ~ 850 °C の温度範囲において約 2 時間程度保持し、その後 10 °C / min 以上でマルテンサイトが生成しない程度の冷却速度で冷却することを特徴とする高シリコン黒鉛鋳鋼の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、高シリコン黒鉛鋳鋼とその製造方法に関するものである。

(従来の技術)

例えば、エンジンのクランクシャフト或いはコンロッド等は、従来、鍛造で作られているが、そのために、コストアップになるという問題があった。

この問題を解決する方法の一つとして、従来、

クランクシャフト或いはコンロッド等を鍛造ではなく鑄造で作ることが試みられている。鑄造で作れば非常にコストダウンになるからである。

しかしながら、従来の試みはいずれも実用化には程遠いものであった。これは次の理由による。

即ち、クランクシャフト或いはコンロッド等を構成する材料としては、高強度、高靱性が要求される。鑄造でき、且つ、高強度、高靱性を備えた材料として例えば鋳鋼があるが、鋳鋼は大きな押湯を必要とするという欠点がある。また、切削性が悪いため鑄鉄に比べて劣り機械加工が困難である。

また、更には、高強度、高靱性のみならず高い切削性を有する材料として、特公昭59-26645で提案されている高炭素球状黒鉛鋳鋼がある。

しかしながら、この材料は強度及び靱性が鑄鉄に近いものであり、従って、この材料でクランクシャフト或いはコンロッド等を鑄造で作ることは難しかった。

また、特公昭32-10460、特公昭31-

9007で提案されている材料は鑄造性が劣り、従って、この材料でクランクシャフト或いはコンロッド等を鑄造で作ることは難しかった。

(発明が解決しようとする問題点)

上記説明から分かるように、従来の材料を用いて鑄造でエンジンのクランクシャフト或いはコンロッド等を作ろうとすると、鑄造性が悪かったり、切削性が劣ったり、或いは、強度が充分ではないという問題があった。

本発明は、このような従来の技術の問題点を解決するものである。

本発明の技術的課題は、高強度、高靱性を保ちながら、且つ、高い切削性を維持しながら、鑄造性の優れた新材料を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

この技術的課題を達成するために、本発明においては次のような手段が講じられている。

即ち、本特定発明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼というのは、重量割合で、

C: 0.4~0.8%,

Si: 1.5~3.0%,

Mn: 2.5%以下,

P: 0.04%以下,

S: 0.01%以下,

Ni: 0.5~3.0%,

残部Feから成り、基地は微細なフェライトとパーライトとの二相混合であることを特徴とする。

また、本併合発明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼の製造方法というのは、重量割合で、

C: 0.4~0.8%,

Si: 1.5~3.0%,

Mn: 2.5%以下,

P: 0.04%以下,

S: 0.01%以下,

Ni: 0.5~3.0%,

残部Feから成る溶鋼に残留マグネシウム量が0.01~0.03%程度になるように1500~1600℃でマグネシウムを添加処理した後、鉄・珪素系の合金接種剤を0.1~0.5%接種して

鑄造し、その後700~850℃の温度範囲において約2時間程度保持し、その後10℃/min以上でマルテンサイトが生成しない程度の冷却速度で冷却することを特徴とする。

以上が本発明で講じられている手段である。

(作用)

本特定発明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼において、各成分の限定理由を説明する。

Cに関しては次の通りである。即ち、Cは鑄造性の向上に有効であるが、0.4%未満では殆ど析出せず引け量が増大する。逆に、0.8%を超えると、今度は、球状黒鉛が得られるには得られるが、球状黒鉛がブルスアイ型になりやすく、強度が低下する。従って、Cは0.4~0.8%とした。

Siに関しては次の通りである。即ち、Siは鑄造性(湯流れ性)の向上に有効であるが、1.5%未満ではその効果は小さい。逆に、3.0%を超えると、今度は、鑄造割れを引き起こす原因になり、また、切削性も悪くなる。従って、Si

は1.5～3.0%とした。なお、適度に黒鉛を析出させるためにもSiは1.5～3.0%が良い。

Mnについては次の通りである。即ち、Mnは、脱酸剤として有効であり、また、Sの悪影響も除くが、余分のMnは炭化物を安定にして材料を脆弱にする。また、切削性を悪化させるし、二相混合の出現温度を向上させる。従って、Mnは2.5%以下にした。

Pは、0.04%を超えるとステダイトを晶出するので材料が固くて脆くなる。従って、Pは可及的に0.04%以下にした。

Sは、0.01%を超えると材料を脆弱にするために、Sは可及的に0.01%以下にした。

Niについては、Siと同様の理由で0.5～3.0%とした。

本併合発明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼の製造方法において、マグネシウム処理をするのは、析出した黒鉛を球状化させるためである。マグネシウム処理にはNi・Mg合金を使用するのが望まし

い。

本発明のものが、高強度、高靱性を保ちながら、且つ、高い切削性を維持しながら、鑄造性が優れている理由を説明する。

本発明のものが高強度、高靱性（即ち、鋳鋼と同じ程度の高強度、高靱性）及び高い切削性（即ち、鋳鉄と同じ程度の高い切削性）を保っているのは、基地が微細なフェライトとパーライトとの2相混合になっているためである。

本発明のものが鑄造性に優れている（即ち、鋳鉄と同じ程度の鑄造性）のは、C、Si及びNiが前述の成分割合で含まれているからである。即ち、高Siであるために、湯流れ性は極めて良く、また、黒鉛が球状に析出しているために引け欠陥が極めて少ない（これに対して、ステンレス鋳鋼及び特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋳鋼は、前に述べた通り、鑄造性が悪い）。

斯くて、本発明のものは、高強度、高靱性を保ちながら、且つ、高い切削性を維持しながら、鑄

造性が優れている。

また、然も、本発明のものは、セメントイトを析出させずに黒鉛を析出させているために、耐熱亀裂性も充分である。

最後に、本発明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼と特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋳鋼とはその組成が非常に良く似かよっているが、次の三つの点で明確に異なっていることを明らかにしておく。

第1には、炭素濃度である。特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋳鋼は、炭素濃度が非常に高い（C：1.8～2.6%）のに対して、本発明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼は、炭素濃度が低い（C：0.4～0.8%）ことである

（炭素濃度が低いと通常では鑄造性が低下するが、本発明のものは鑄造性が低下しないようにしている）。

第2には、冷却速度である。特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋳鋼は、冷却速度が非常に遅い（10℃/Hr）のに対して、本発

明に係る高シリコン黒鉛鋳鋼は、冷却速度が早い（10℃/min以上でマルテンサイトが生成しない程度）ことである。

第3には、基地についてである。特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋳鋼は粗大な黒鉛が析出しているが、これに対して、本発明のものの基地は、粗大な黒鉛が析出せずフェライトとパーライトとの2相混合になっていることである。

本発明の作用は、以下の実施例からより一層明らかにされる。

（実施例）

C：0.6%、Si：2.5%の成分濃度を有する本実施例に係る高シリコン黒鉛鋳鋼の鑄造試験を行った。鑄造試験において湯流れ性は渦巻き型湯流れ試験片で調べた。なお、比較のために、鋳鉄（JIS FCD70）、ステンレス鋳鋼、普通鋳鋼についても湯流れ試験を行った。この結果が第1図に示されている。

鋳鉄（JIS FCD70）の主な成分は、

C: 3.8%, Si: 3.0%である。ステンレス鋼の主な成分は、C: 0.15%, Si: 1.5%, Cr: 1.2%である。普通鋼の主な成分は、C: 0.3%, Si: 0.4%である。

第1図から分かるように、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼の湯流れ性は、普通鋼に比べて約3割程度高い。これは高濃度のSiによるものと考えられる。

铸造引け性は、引け試験球により調査した。この結果が第2図に示されている。第2図において、(a)は鉄、(b)はステンレス鋼、(c)は普通鋼、(d)は本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼である。

第2図の(d)から分かるように、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼の引けは極めて少なく、僅かに内引けが観察される程度に止まった。これは、Si、Ni等の黒鉛化促進元素の添加に起因するものである。なお、これらの元素の添加により、セメントが析出せず黒鉛が析出しているために、耐熱亀裂性も良好である。

第3図に示されるような実際のクランクシャフト1を铸造してIV-IV断面で切断して引け巣状態を調査した結果が第4図に示されている。第4図において、(a)は普通鋼、(b)はC: 0.6%, Si: 2.5%の本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼、(c)はC: 0.6%, Si: 3.0%の本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼、(d)は球状黒鉛鉄である。

第4図の(b)、(c)から分かるように、実際のクランクシャフトにおいても引け巣は僅かである。この程度の引け巣ならば押し湯で充分対処することが出来る。

第5図は、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼の铸造組織の顕微鏡写真である。第6図は、熱処理後の組織の顕微鏡写真である。いずれも倍率は100倍である。

第5図及び第6図から分かるように、低炭素領域(C: 0.55%)であるにも関わらず、黒鉛が析出していることが分かる。これは、黒鉛化促進元素Si、Niの添加に基づくものである。ま

た、熱処理後の組織(第6図参照)は微細なフェライトとパーライトとの2相混合組織であることが分かる。

铸造性以外にも、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼の特徴は、充分に硬度が低く、即ち、切削性が良く、然も、引張強さ、伸び、疲労限界が高いという点が挙げられる。本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼の引張強さ(Kg/mm^2)、降伏点(Kg/mm^2)、硬さ(Hv)、伸び(%), 疲れ限度(Kg/mm^2)、ヤング率(Kg/mm^2)は下記表1、表2の通りである。なお、表1、表2には比較のために、球状黒鉛鉄(FC D50)、特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋼、特公昭31-9007に記載の球状黒鉛鋼についても、引張強さ、降伏点、硬さ、伸び、疲れ限度、ヤング率が記載されている。表1、表2においては、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋼をA、球状黒鉛鉄(FC D50)をB、特公昭59-26645に記載の高炭素球状黒鉛鋼をC、特公昭31-9007に記載の球状黒

鉛鋼をDで表している。

表1

	引張強さ	降伏点	硬さ	伸び
A	89	64	258	6.1
B	50.8	45.1	218	1.3
C	72.7	61.7	278	4.2
D	92	—	300	4.2

表 2

	疲れ限度	ヤング率
A	37.0	1.85×10^4
B	17.0	1.5×10^4
C	23.0	—
D	16.2	—

上記表1、表2から分かるように、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋳鋼Aは、フェライトが一様に分布しているために、球状黒鉛鋼D、高炭素球状黒鉛鋳鋼Cと比べて硬さは低い（換言すれば、切削性が良い）にも関わらず、本実施例に係る高シリコン黒鉛鋳鋼Aは、それら以上の引張強さと伸びとを有していることが分かる。また、疲れ限

C：1.2%，Si：2.5%である。

第7図において、フェライトとパーライトとの2相混合出現領域は、ハッチングが付されている部分、即ち、750～800℃の間である。

本実施例に係る高シリコン黒鉛鋳鋼を作るには冷却速度も非常に大切である。即ち、冷却速度は、10℃/分以上で然もマルテンサイトが生成しない範囲の冷却速度を選択する必要がある。

（考案の効果）

上記実施例の説明から分かるように、本発明によれば、高強度、高靱性を保ちながら、且つ、高い切削性を維持しながら、鋳造性の優れた新材料を得ることが出来るという効果を奏する。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、鋳込み温度と湯流れ量との関係を表すグラフ。

第2図は、引け試験球による試験結果を表す説明図。

第3図は、クランクシャフトの側面図。

第4図は、第3図のIV-IV断面図。

度も極めて高い。更には、一般の鋳鉄と比較してヤング率も高い。

本実施例に係る高シリコン黒鉛鋳鋼の熱処理方法（製造方法）について説明する。

機械的性質を向上させるためには、フェライトとパーライトとの2相混合の結晶粒界を出来るだけ微細にすることが重要である。結晶粒界が微細になればなる程、伸び、疲労限度等が向上する。

フェライトとパーライトとの2相混合の結晶粒界を出来るだけ微細にするためには、出来るだけオーステナイト領域の最下部（A₁変態，A_{cm}変態直上）で保持して、その後空冷又は強制空冷を行う熱処理が必要である。この保持温度は、下記の説明から分かるように、700～850℃程度である。

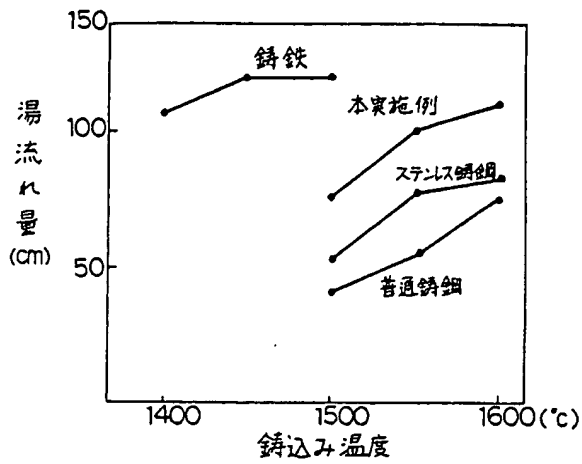
二つの試料I、IIについて保持温度と硬さとの関係を調べた結果が第7図に示されている。第7図において保持時間は約2時間である。試料Iは、C：0.6%，Si：2.5%であり、試料IIは、

第5図は、本実施例の高シリコン黒鉛鋳鋼の開放し組織の顕微鏡写真（倍率100倍）。

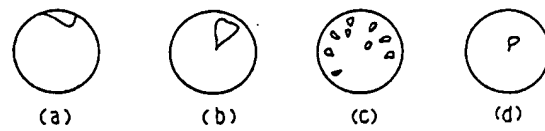
第6図は、本実施例の高シリコン黒鉛鋳鋼の熱処理組織の顕微鏡写真（倍率100倍）。

第7図は、保持温度と硬さとの関係を表すグラフである。

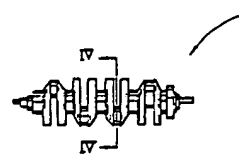
出願人 トヨタ自動車株式会社



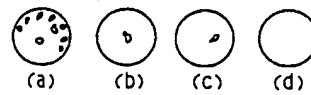
第 1 図



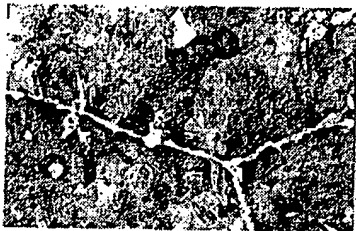
第 2 図



第 3 図



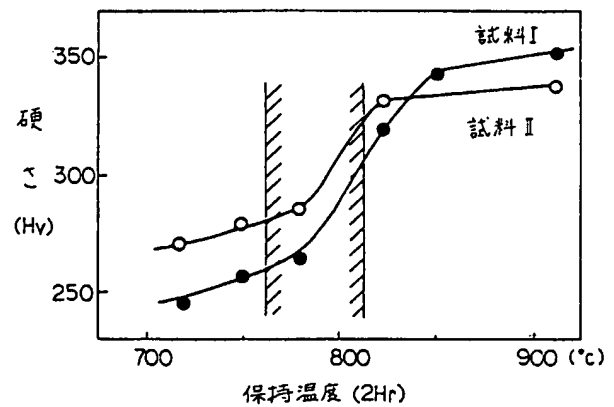
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図